



1

## *mercado nacional de ganados* en Torrelavega \* ESPAÑA

886-36

**F. Cabrillo**, Dr. arquitecto  
**J. Calavera**, Dr. ingeniero de caminos  
**E. González Valle**, ingeniero de caminos

### **Programa**

El Ministerio de Agricultura y el Ayuntamiento de Torrelavega se propusieron construir, en esta ciudad, un Mercado Nacional de Ganados, que acogiera las importantes ferias de ganados que se celebraban en Torrelavega, al aire libre, y en un recinto que ya era muy deficiente por superficie, y carecía de los servicios fundamentales y precisos de estos mercados.

### **sinopsis**

Las cubiertas de este mercado obtuvieron uno de los premios a las mejores construcciones metálicas otorgados por Sercometal.

Todas las cubiertas tienen una estructura reticulada espacial.

Entre las posibles soluciones estructurales para la nave principal, que tiene una notable magnitud (250 × 60 m), se eligió la de una bóveda de directriz circular, cuya ventaja sobre la funicular es que todos los tubos tienen la misma longitud.

Las estructuras espaciales planas llevan la misma malla de 1,50 × 1,64 m, pero variando el canto de 1,50 m en la nave n.º 2 a 1 m en la marquesina.

Destaca en esta obra su ligereza y valor estético, así como la simplicidad de los materiales utilizados (esferas y tubos) y la ejecución de los nudos y el montaje.

El programa que se nos dio para realizar este proyecto de Centro de Contratación exigía una capacidad de amarre de 7.000 reses entre vacas, novillas y terneros. Era preciso que al comprador de reses se le dieran facilidades para conocer los antecedentes del ganado y la historia de los progenitores, con la posibilidad de llegar a establecer una Bolsa de cotizaciones que estuviera relacionada con otros Centros de Contratación. Esto, y la conveniencia de celebrar reuniones y cambios de impresiones entre veterinarios y ganaderos, exigía tratar con cierta amplitud las salas de recepción, y de juntas, sala de conferencias, de reuniones, despachos, oficina de control lechero, etc. Y naturalmente, otros servicios complementarios como Comisaría de Policía, local de Hermandad de Labradores y Ganaderos, sucursales bancarias, compañías de seguros, cafeterías-restaurantes, y algunos comercios de piensos, aperos y mecanización agraria. Además había que establecer aparcamiento para 500 camiones y unos 400 turismos. Y cosa muy

importante: había que construir un gran muelle cubierto de carga y descarga de reses con una capacidad mínima de 90 camiones que pudieran trabajar simultáneamente. Este muelle tenía que tener la superficie suficiente para que el ganado, que se expusiera en la feria, pudiera ser reconocido con facilidad y rapidez por el servicio de Veterinarios.

A la vista de estas necesidades se vio que era preciso proyectar naves cubiertas de gran superficie y de mucho volumen de aire. Había que prever mucha capacidad de amarre, evitando en lo posible olores de tantas reses juntas. En la actualidad los mercados de contratación se celebran todos los miércoles del año. Dura el mercado de 6 de la mañana a 2 de la tarde, y ocho horas después, todo el recinto se encuentra limpio y en condiciones de utilizarse las naves para otros fines.

Esto es importante. El elevado costo de estas instalaciones nos llevó al convencimiento de que este edificio debería tener más utilidad que la estrictamente ganadera. Y así ha sido. Allí se celebra anualmente la Feria Monográfica Nacional de Raza Frisona. En las amplias galerías laterales se celebra todos los años de Exposición del Salón del Mueble y Decoración del Norte de España. En la nave pequeña, todos los años tienen lugar festivales teatrales y varios deportes. En 1977 se celebró el Campeonato Mundial de Boxeo.

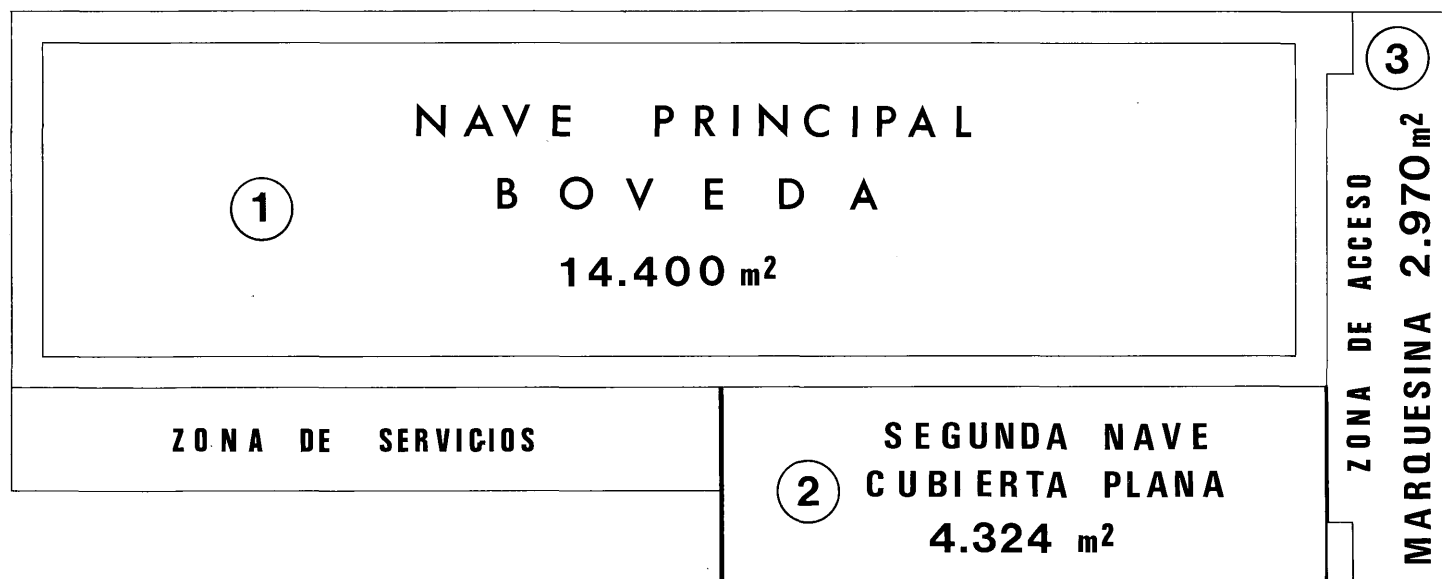
Pero las posibilidades son muchas. Y es de esperar que se celebren más exposiciones y festejos, para conseguir un mayor rendimiento económico de este edificio.

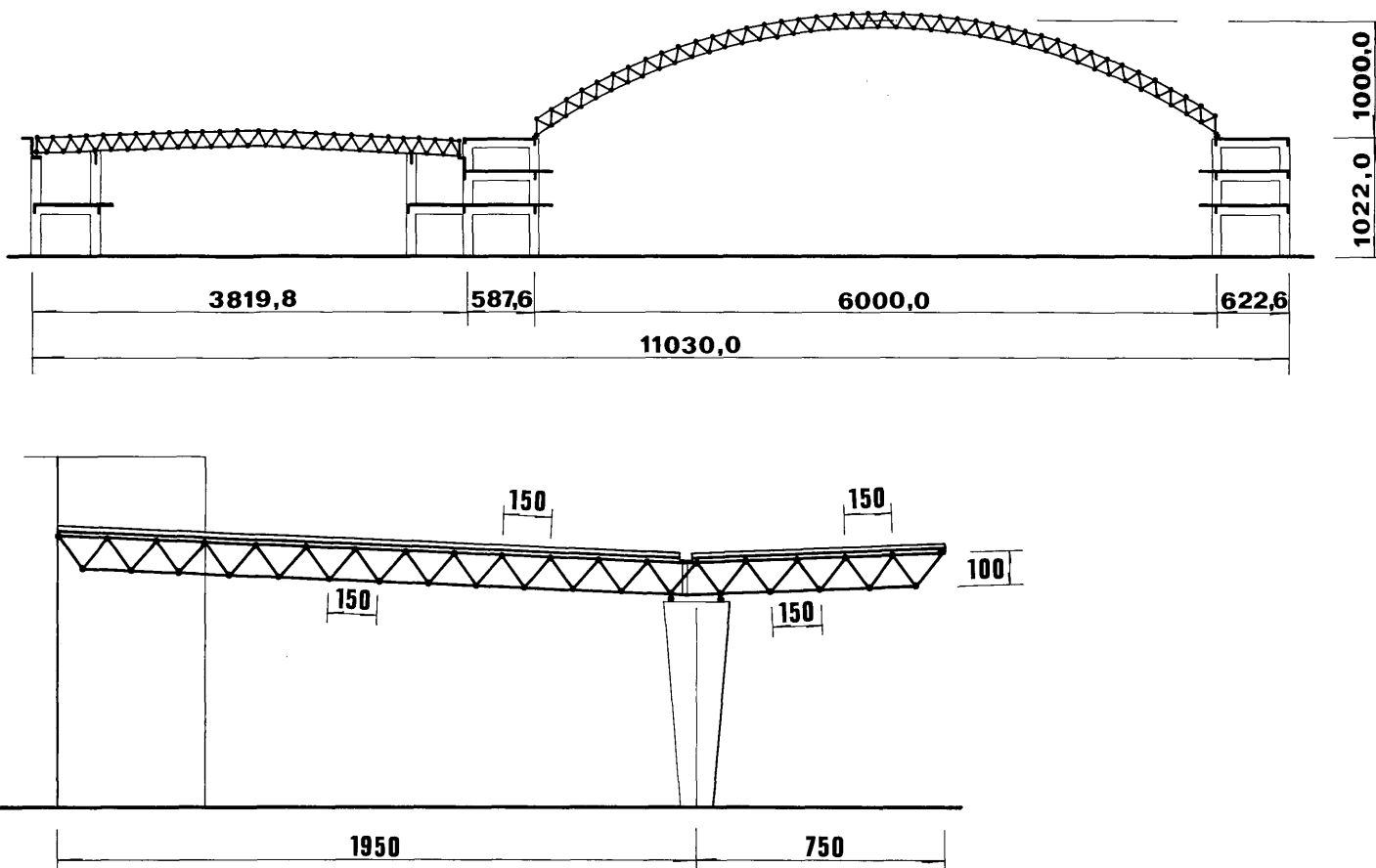
## Análisis estructural

El Proyecto del Mercado Nacional de Ganados de Torrelavega presentaba la necesidad de cubrir tres zonas diferentes denominadas respectivamente: Nave Primera, con 250 m de longitud y 60 m de luz libre; Nave Segunda, con 28 m de luz libre y 39 m de luz total con 115 m de longitud y, finalmente, una Marquesina de luz total de 27 m (19,50 m de vano y 7,50 m de voladizo) con longitud de 111 m. La **figura 2** muestra un esquema general de las superficies a cubrir, la **figura 3** un esquema de las naves y la **figura 1** una vista general de la obra terminada.

La importancia del problema general y en particular estructural, que planteaban las cubiertas, especialmente la de la Nave Principal, motivó el que el arquitecto aconsejase al Ayuntamiento la organización de un Concurso de Anteproyectos en el que resultó premiada la solución presentada por los restantes autores. Una vez seleccionada la solución, el Proyecto Definitivo de las Cubiertas fue realizado conjuntamente por los tres autores.

2





3

## Análisis previo de las posibles soluciones

La especial importancia tanto económica como estética que encerraba la solución de la Nave Principal aconsejó estudiar, desde muchos puntos de vista, el repertorio de soluciones estructurales, siendo analizadas las siguientes:

- Arcos y correas.
- Diente de sierra.
- Cubierta colgante.
- Cubierta espacial plana.
- Bóveda espacial.

Las soluciones de hormigón (salvo la posible aplicación laminar de tipo C) no fueron consideradas, ya que para una cubierta de 60 m de luz y esta forma de planta cualquier solución no laminar de hormigón consume la mayor parte de su capacidad resistente en aguantar su propio peso. La solución metálica parecía de entrada claramente preferible, pues el material de cobertura es muy ligero y, en la zona de Torrelavega, lo es también la sobrecarga de nieve ( $40 \text{ kg/m}^2$ ).

La solución a) se mostró claramente más cara que la c), sin ventaja estética. La solución b) fue rechazada por motivos estéticos. Parecía interesante la solución c), pero la condición de mantener una altura libre mínima de 10 m bajo la cubierta y la forma de la planta a cubrir obligaba a elevar mucho los puntos de anclaje de los cables, a una altura doble prácticamente de la de las galerías laterales (necesarias por consideraciones funcionales), resultando de coste total relativamente elevado.

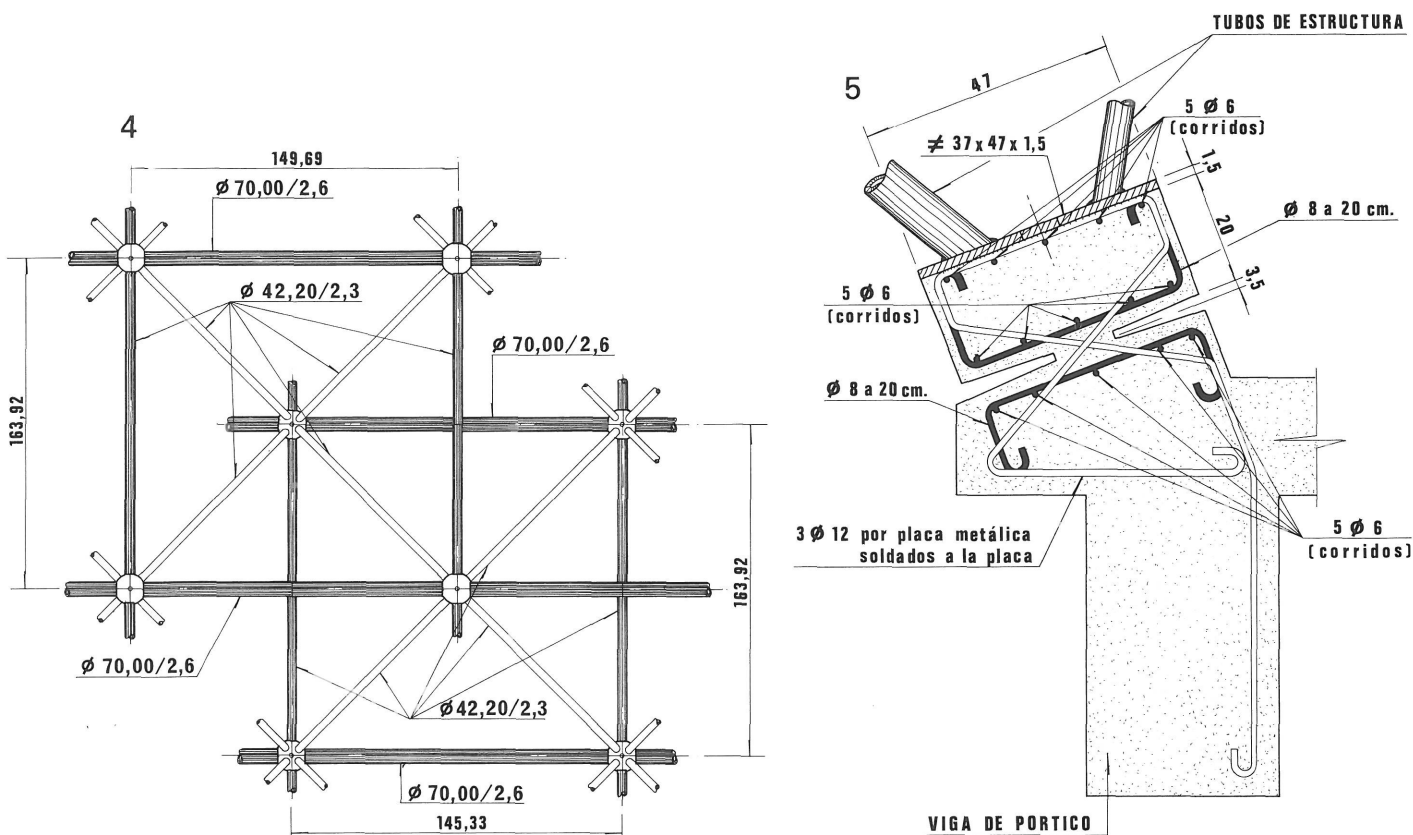
Las soluciones tipo d) no eran en este caso interesantes por la relación entre lados del rectángulo de planta, que suponían un nulo efecto placa para la cubierta espacial, lo que suponía un peso de acero muy importante.

La solución e) resultó preferible, pues los esfuerzos horizontales producidos por la bóveda espacial podían ser fácilmente absorbidos por la estructura de hormigón de las galerías, con muy ligero encarecimiento de dicha estructura y de su cimentación. El problema de su construcción podía ser abordado por procedimientos simples de acuerdo con la experiencia adquirida por los autores en siete realizaciones anteriores (ver referencias al final del trabajo). Las consideraciones que aconsejaron esta elección fueron esencialmente las siguientes:

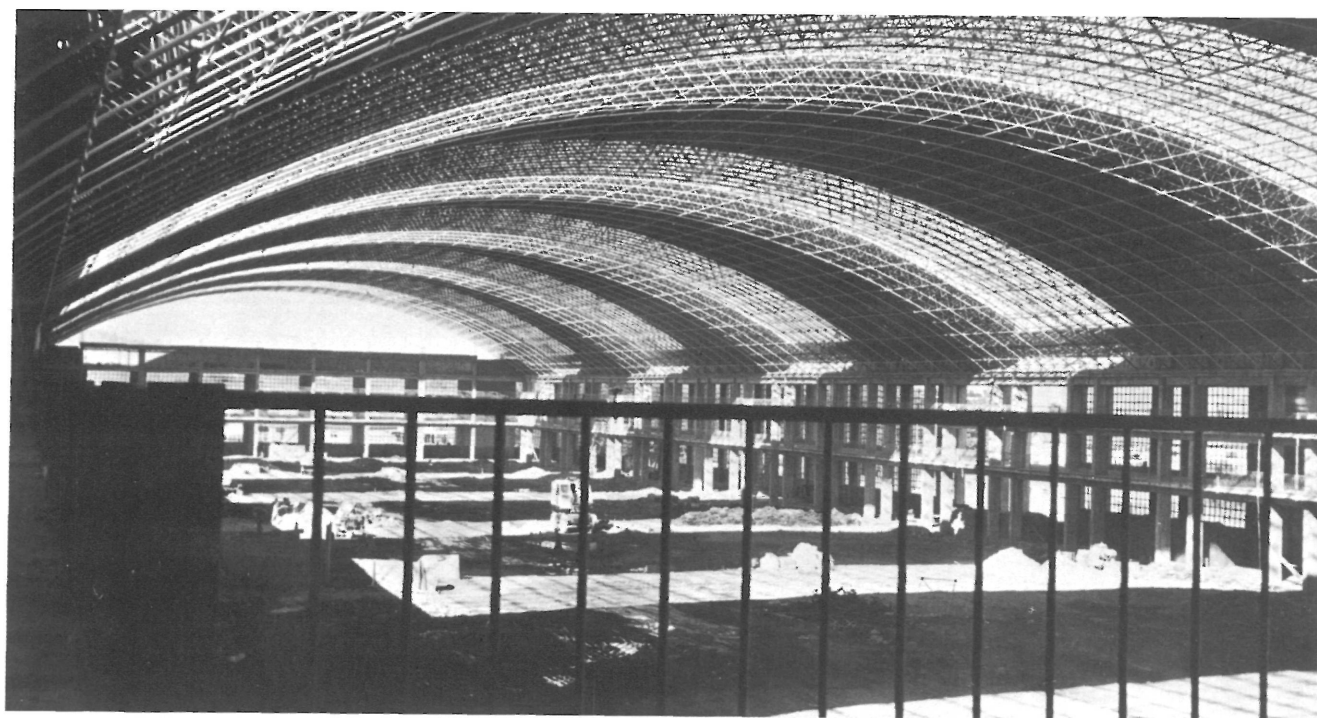
1. El montaje se realiza muy fácilmente. El uso de uniones esféricas hace posible adquirir los tubos cortados a medida directamente de fábrica. Las únicas operaciones a realizar en obra son las de soldadura, que dado el reducido espesor de pared de los tubos se realiza sin preparación de bordes.
2. La solución espacial con perfiles tubulares es muy ligera, y la falta de aristas da un aspecto atractivo a la estructura. Solamente la superficie exterior de los tubos está sujeta a corrosión. Experiencias anteriores habían demostrado las buenas propiedades acústicas de estas estructuras.
3. En nuestra opinión la solución encierra un notable valor estético.

El alto grado de hiperestatismo y la fuerte homogeneidad del tipo estructural hace que cualquier exceso local de carga o cualquier fallo local de calidad de materiales o de soldadura no tengan importancia práctica.

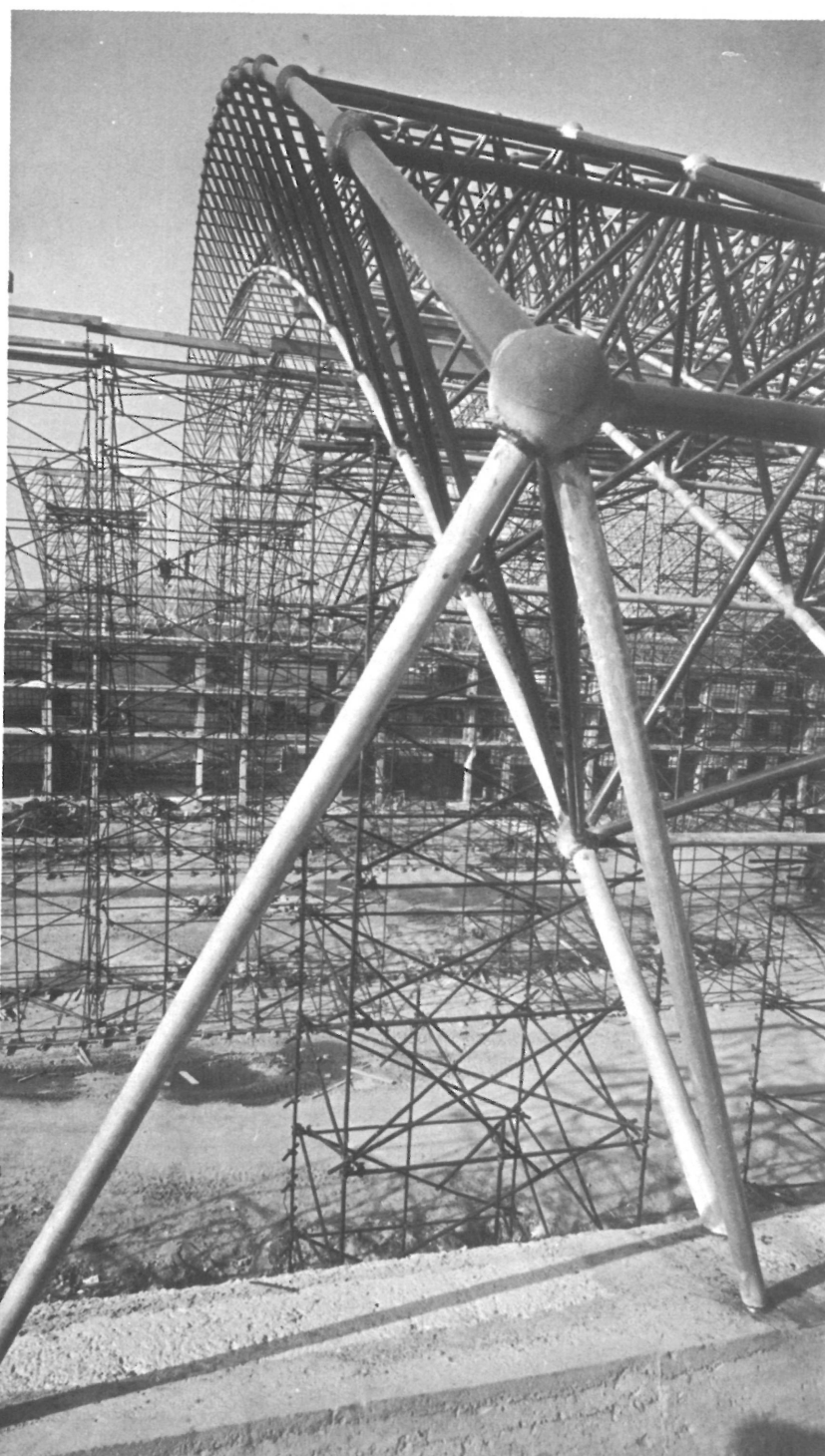
5. El precio resultaba claramente competitivo con las otras soluciones y fue un aspecto determinante en el fallo del Concurso de Anteproyectos.







6

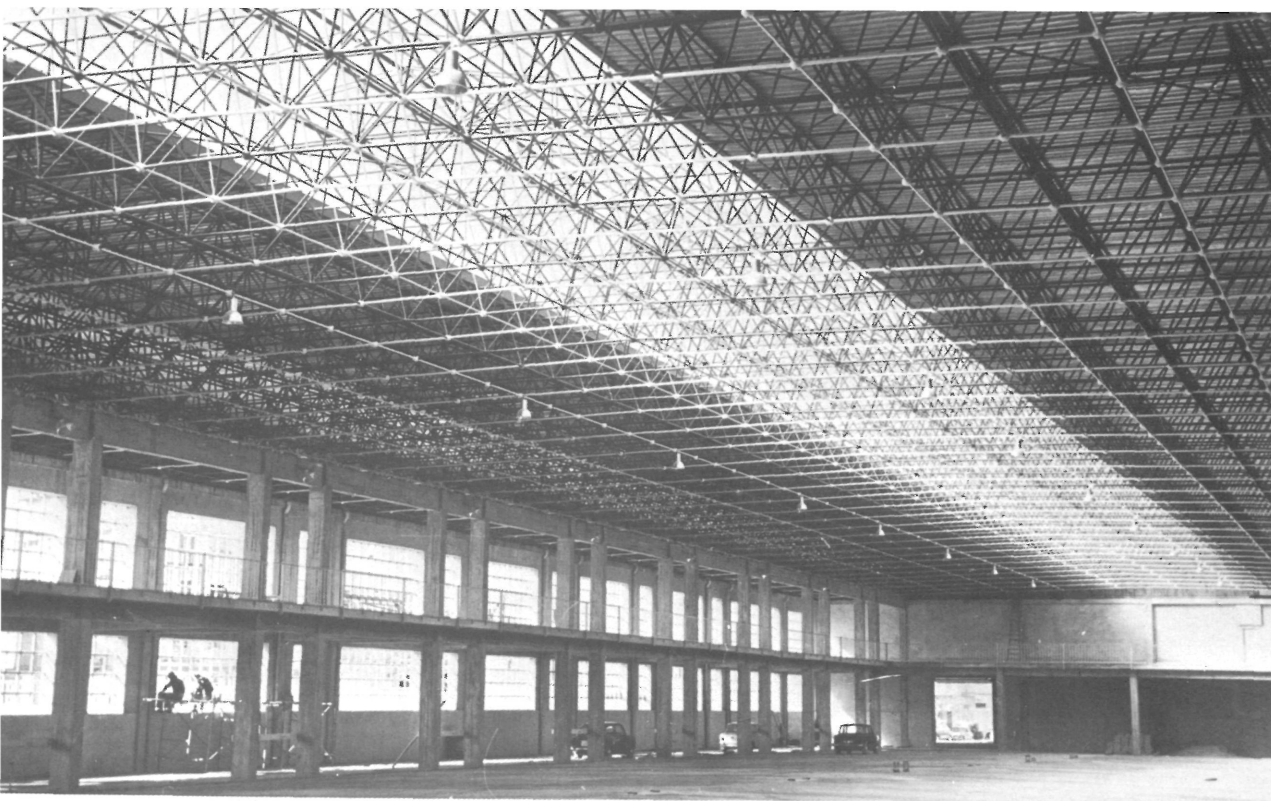


7

### Descripción de la solución adoptada

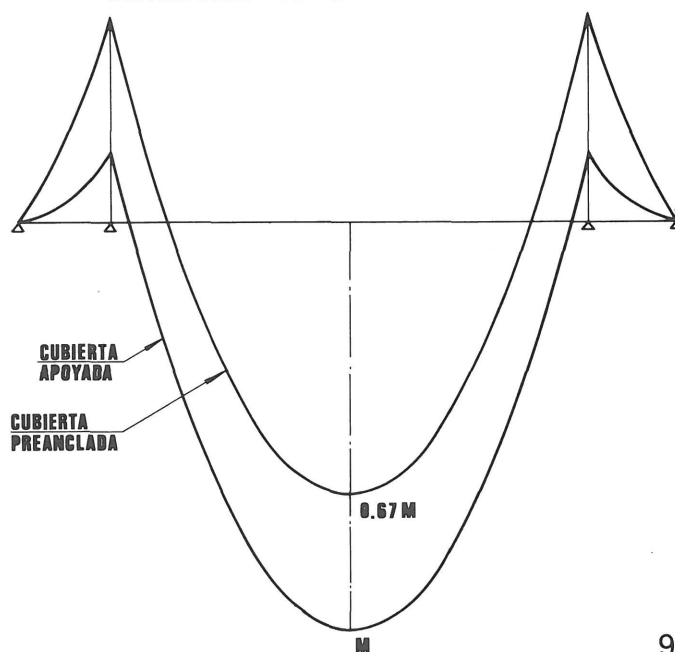
La solución adoptada para la bóveda de la nave principal está formada por una estructura espacial de tubos de acero formada por dos mallas rectangulares de  $1,50 \times 1,64$  m, con una separación de 1,50 m desplazadas media trama una respecto a otra y unidas por diagonales, de forma que se materializa una estructura piramidal. Las piezas de unión son esferas de acero de 13 cm de diámetro y 4 mm de espesor (**figura 4**).

La bóveda se apoya sobre las dos galerías longitudinales de hormigón mediante rótulas plásticas (**fig. 5**). Las juntas de dilatación de la bóveda coinciden con las de la estructura de hormigón de las galerías, y su separación es del orden de 40 m. La directriz adoptada para la bóveda fue la circular con 60 m de luz y 10 m de flecha. La razón de elegir una directriz circular reside en la necesidad de manejar tubos de la misma longitud en toda la estructura (**figuras 6 y 7**).



8

#### DISTRIBUCION DE MOMENTOS FLECTORES



9

Una vez seleccionada la solución espacial para la Nave Principal, existían razones tanto estéticas como económicas para adoptar también dicha solución, aunque con diferentes tipos estructurales, en la Nave n.º 2 y en la Marquesina.

Para la Nave n.º 2 se adoptó una estructura espacial plana apoyada en cuatro pórticos de hormigón paralelos, originando luces de 5,50; 28 y 5,50 m.

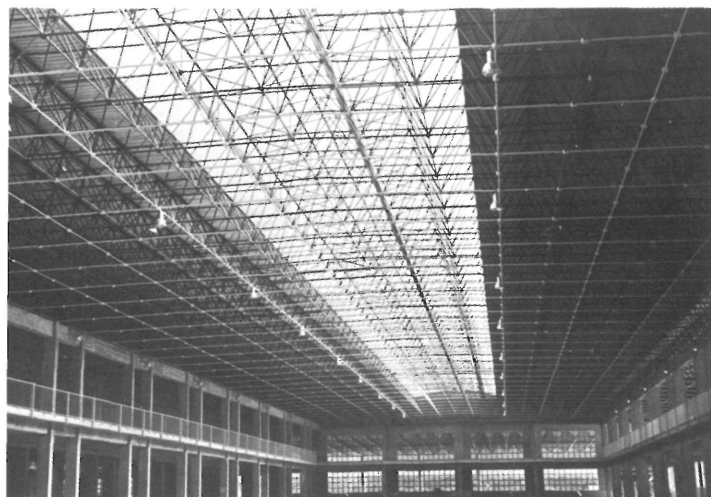
La pirámide básica tiene también en este caso dimensiones de  $1,50 \times 1,64$  y canto de 1,50 m, es decir, que es constitucionalmente idéntica a la de la Nave n.º 1. La fuerte desigualdad de luces permitió el artificio de un preanclado de los apoyos extremos, cuando la estructura estaba soportando únicamente su peso propio, colocándose a conti-



10







15



16

## Montaje

En una solución de este tipo el montaje es siempre un punto crítico, y en esta ocasión fue detalladamente estudiado en el Proyecto. Esencialmente puede considerarse dividido en tres fases:

**Primera Fase.**—Sobre una montea fija se fabricaban témpanos primarios de  $6 \times 6$  m aproximadamente. Se colocaban primeramente las esferas soldando a continuación los tubos.

TABLA I

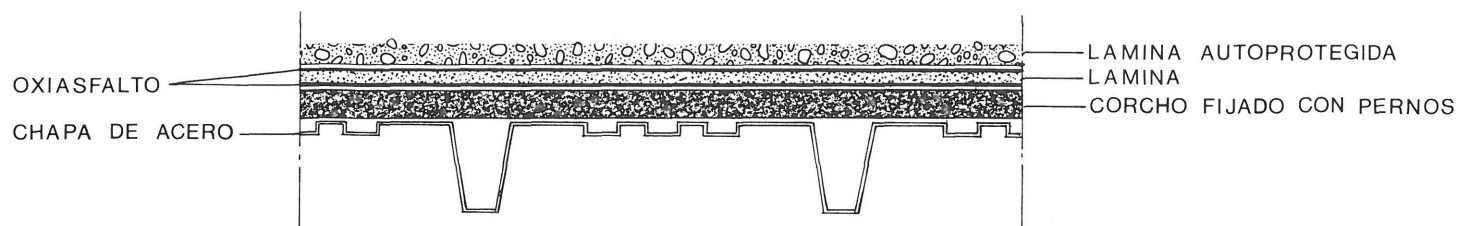
ZONA	TIPO DE CUBIERTA	DIMENSIONES DE LOS TUBOS		
		PRINCIPALES	TRANSVERSALES	DIAGONALES
NAVE PRINCIPAL	BOVEDA ESPACIAL	70/2,6	42,2/2,3	42,2/2,3
SEGUNDA NAVE	CUBIERTA ESPACIAL PLANA	48,1/2,9	33,5/2,3	33,5/2,3
ACCESO	CUBIERTA ESPACIAL PLANA (MARQUESINA)	52/2,6	33,5/2,3	33,5/2,3

TABLA II

ZONA	SUPERFICIE CUBIERTA (m <sup>2</sup> )	PESOS DE ACERO (Kg/m <sup>2</sup> )			PESO TOTAL (Kg/m <sup>2</sup> )
		ACERO ESTRUCTURAL (TUBO)	ESFERAS	ACERO PARA SOPORTE DE LA CUBIERTA (PERFIL L)	
NAVE PRINCIPAL	14.400	15,63	1,51	3,83	20,97
SEGUNDA NAVE	4.324	11,85	1,42	4,22	17,49
ACCESO	2.970	10,33	1,38	3,49	15,20

**Segunda Fase.**—Con cada dos módulos primarios más sus tubos de enlace se constituía, también en la montea, un témpano secundario de dimensiones aproximadas de  $6 \times 13,5$  m.

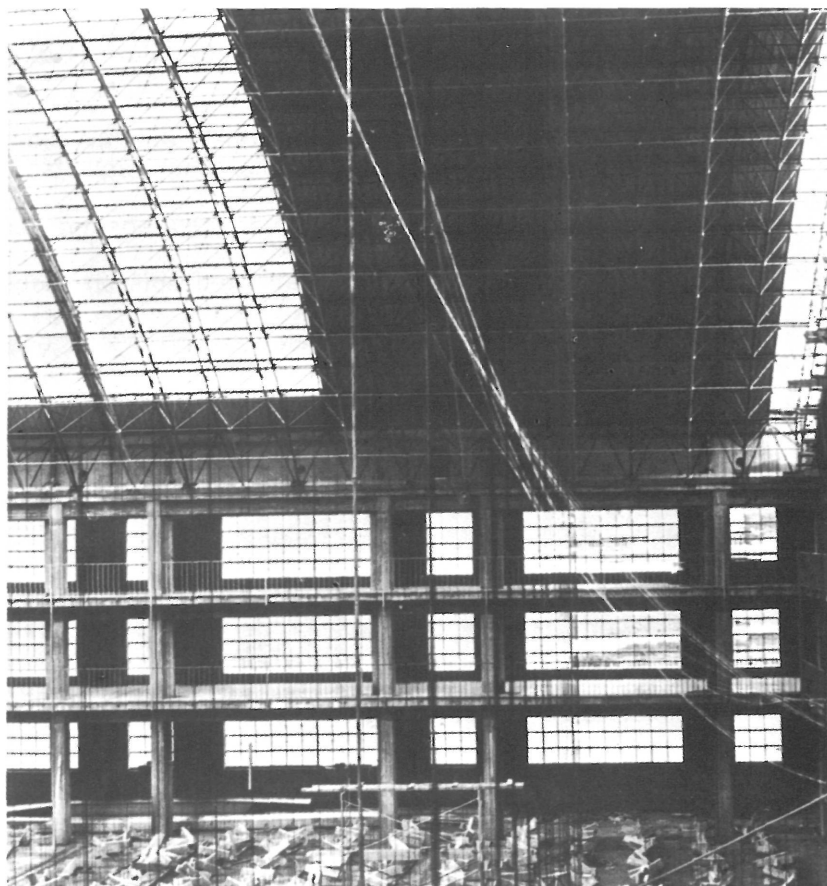
**Tercera Fase.**—Cuatro témpanos secundarios eran izados con grúa (el



17

peso máximo era de unos 1.400 kg) y apoyados sobre tres torres móviles de estructura tubular desmontable. Una vez nivelada y replanteada la posición de cada uno de los témpanos se soldaban los tubos de enlace de témpanos entre sí y de unión de los dos extremos a las chapas dispuestas en las rótulas plásticas, quedando constituida una faja de bóveda de unos 6 m en profundidad. A continuación se repetía sucesivamente la operación para el resto de la bóveda (**figuras 11 a 14**).

Básicamente se siguió un proceso análogo para el montaje de la Nave n.º 2 y de la Marquesina. Las **fotografías 15 y 16** muestran aspectos de las tres cubiertas ya terminadas.



18

## Datos característicos

La **Tabla I** resume las dimensiones de los tubos empleados. Se empleó tubo de acero suave, galvanizado, con una mano de pintura con el fin de reducir al mínimo la conservación.

## Peso de materiales

La **Tabla II** indica los pesos de acero en kg/m<sup>2</sup> para cada nave. La constitución del material de cobertura se indica en la **figura 17** y consistía en una **lámina** de acero galvanizado de 0,7 mm de espesor, sobre la que se apoyaba una capa de corcho de 25 mm y dos hojas de impermeabilización, la exterior con un acabado de pizarra en tono rojo.

## Prueba de carga

Para comprobar el comportamiento de la cubierta de Nave Principal, frente a las acciones de servicio previstas, se realizó una prueba de carga, la cual fue planteada pensando en la presumible gran capacidad de redistribución de la estructura. La prueba de carga se realizó sobre un módulo de 25 m de fondo, delimitado por dos juntas de dilatación (**fig. 18**).

Las hipótesis que se materializaron fueron las correspondientes a la acción de nieve, dado que el módulo de prueba disponía de la totalidad de la carga permanente. La forma de materialización de la carga fue a base de elementos de hormigón que, mediante unos cables que se fijaron a las esferas de la capa inferior de la bóveda, se iban cargando de acuerdo con las fases de prueba previstas.

Las fases de la prueba de carga fueron las siguientes:

- A). Sobrecarga de nieve del 25 %, 50 %, 75 % y 100 % en toda la cubierta.
- B). Descarga de media cubierta en escalones del 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, para alcanzar el estado de nieve en media cubierta.
- C). Descarga total y medida de recuperación.

La prueba fue instrumentada mediante:

- Flexímetros para la medición de flechas en tres directrices de la bóveda situadas en los cuartos de la luz.
- Equipo de medición de deformaciones unitarias mediante bandas extensométricas (strain-gauges) en los tubos, presumiblemente más solicitados, de la malla espacial.
- Bases de extensómetro mecánico en los tubos que acometían a los apoyos en galerías.
- Bases de referencia para medición de desplazamientos de los pórticos de apoyo.

Los resultados de la prueba de carga fueron evaluados a partir de las hipótesis y previsiones de proyecto, obteniéndose como conclusiones básicas:

- Que las flechas eran inferiores a las previsiones del cálculo.
- Que las deformaciones unitarias eran inferiores, asimismo, a las previsiones del cálculo.
- Que las recuperaciones eran totales.

La disminución de flechas y tensiones registradas durante la prueba frente a las previstas se justificó por una clara colaboración de la chapa del material de cubierta, que se fijó mediante tornillos autorroscantes a la estructura. El incremento de la rigidez y la colaboración en el comportamiento estructural se cifra en órdenes del 15 % de la correspondiente a los elementos exclusivamente estructurales.

#### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Ayuntamiento de Torrelavega por las facilidades dadas para el desarrollo de este Proyecto; a G. Cavadas, arquitecto

técnico por su colaboración en la Dirección de la obra; al Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) que controló los materiales y el proceso de ejecución y realizó la prueba de

carga; a ARCISA, contratista general y a la Sociedad Felguerrina de Montajes que construyó la cubierta. A la estructura le fue concedido el premio SERCOMETAL 1975 para Edificios no Industriales.

#### résumé

##### Marché National du bétail à Torrelavega - Espagne

F. Cabrillo, Dr. Architecte  
J. Calavera, Dr. Ingénieur des Ponts et Chaussées  
E. González Valle, Ingénieur des Ponts et Chaussées

Les toitures de ce marché ont obtenu un des prix destinés aux meilleures constructions métalliques offerts par SERCOMETAL.

Toutes ces couvertures ont une structure réticulée spatiale. Pour le hall principal, de proportion notable; 250 × 60 m, on a choisi, entre différentes solutions possibles, une voûte de directrice circulaire dont l'avantage sur la funiculaire est que tous les tubes sont d'une même longueur.

Les structures spatiales planes ont la même maille de 1,50 × 1,64 m mais, pour le hall n.º 2, le côté de 1,50 se réduit à 1 m pour l'auvent. Cet ouvrage est remarquable pour sa légèreté et sa valeur esthétique ainsi que pour la simplicité des matériaux employés - sphères et tubes — l'exécution des noeuds et le montage.

#### summary

##### National Livestock market, Torrelavega, Spain

F. Cabrillo, Dr. in Architecture  
J. Calavera, Dr. in Civil Engineering  
E. González Valle, Civil Engineer

The roof of this Market received one of the awards granted by SERCOMETAL to the best metal constructions.

All roofing has a three-dimensional reticular structural system.

Among the several possible structural solutions for the very large main hall (250 m × 60 m), the one chosen was a circular running axis vault, having the advantage over the funicular vault that all tubes are of equal length.

The flat three-dimensional structures maintain the same 1.50 × 1.64 m mesh size, but changing the height from 1.50 m in the hall no 2 to 1 m in the canopy.

This work stands out for its visual lightness and aesthetic value as well as for the simplicity of the materials used (tubes and spheres) and the solution of the nodes and mounting methods.

#### zusammenfassung

##### Nationaler Viehmarkt in Torrelavega, Spain

Dr. F. Cabrillo, Architekt  
Dr. J. Calavera, Hoch- und Tiefbauingenieur.  
E. González Valle, Hoch- und Tiefbauingenieur

Die Abdeckungen dieses Marktes verdienen einen der Preise, welchen von SERCOMETAL den besten Metallbauten verliehen werden.

Alle Abdeckungen weisen eine gerasterte Raumstruktur auf.

Unter den möglichen Strukturösungen für die Haupthalle, die eindrucksvolle Masse aufweist (250 × 60 m) wurde eine kreisförmige Gewölbe gewählt, deren Vorteil gegenüber der sonstigen Art darin besteht, dass alle Rohre dieselbe Länge haben.

Die flachen Raumstrukturen weisen dieselben Maschengewebe von 1,50 × 1,64 m auf, verändern jedoch die Kanten von 1,50 m in der Halle Nr. 2 auf 1 m an der Markise.

Es treten bei diesem Bau die Leichtigkeit und der ästhetische Wert, sowie die Einfachheit der verwendeten Materiale (Kreise und Rohre) und der Ausführung der Knotenpunkte und der Montage hervor.